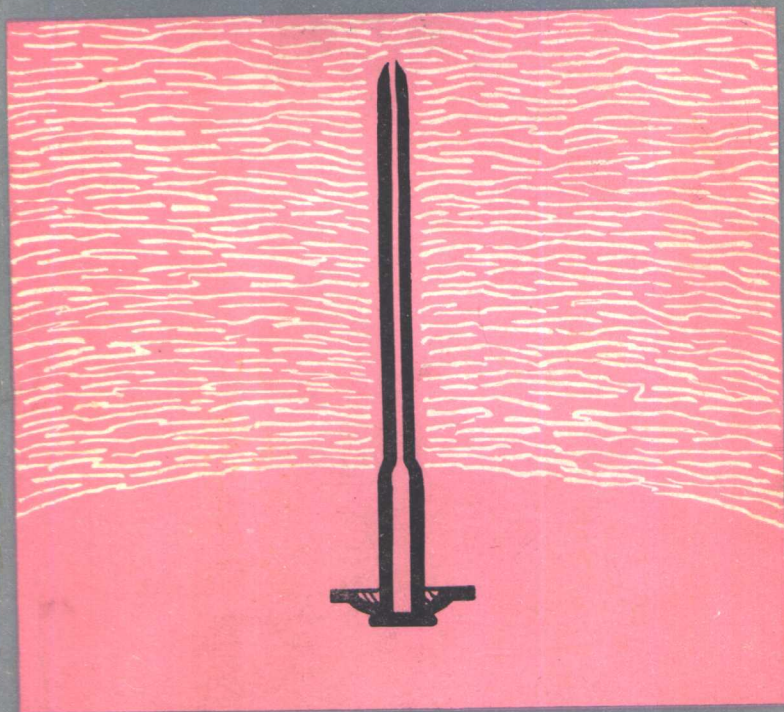


锚杆支护 实用手册

(挪威) R. 施查克 等



煤炭工业出版社

70218

8.722

锚杆支护实用手册

〔挪威〕R.施查克 等著

张卫国 吴 红 译

王 继 良 校

煤炭工业出版社

责任编辑：伊 烈

R.SCHACH K.GARSHOL A.M.HELTZEN
ROCK BOLTING
A practical Handbook
PERGAMON PRESS 1979

*
锚杆支护实用手册

〔挪威〕R.施查克 等著
张卫国 吴 红 译

*
煤炭工业出版社 出版

（北京安定门外和平里北街21号）

煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本787×1092mm¹/₃₂ 印张2¹/₂

字数49千字 印数1—2,200

1990年1月第1版 1990年1月第1次印刷

ISBN 7-5020-0319-3/TD·298

书号 3134 定价 1.30元

译 者 的 话

《锚杆支护实用手册》是挪威1979年出版的。本书内容包括了我国目前正在推广的管缝式锚杆、树脂锚杆等支护形式，也有一些我国尚未应用的锚杆支护形式。它简明地介绍了各种锚杆支护原理、锚杆构成、应力分析、支护成本、经济效果等，既有科学论证、理论分析，又有计算公式、实际应用结果，是我国从事岩石巷道支护工作的工程技术人员和管理人员非常需要的技术参考书。尽管是70年代的书籍，但其技术在我国还是比较先进的，涉及了一些我国尚未开发的新技术、新工艺、新材料等领域，对我国岩石巷道支护具有一定参考价值。

目前，我国煤矿支护改革有两个主攻方向，一个是工作面单体液压支柱代替摩擦金属支柱和木支护的更新换代；另一个是巷道大力推广锚喷支护。锚喷支护生产效率高、安全可靠、成本低、综合效益好，是巷道支护发展方向。然而，锚喷支护的基础是锚杆支护，在什么样的岩层中，选择什么样的锚杆，如何布置等是至关重要的。我国锚喷支护之所以发展的较慢，与人员素质差、技术水平低以及技术装备落后是分不开的。要在这些方面有所提高，就需要有专业书籍。据了解，目前国内这种书籍还很少。因此，这本书适应我国实际情况的需要，有必要和广大读者见面。

本书的翻译出版，原煤炭工业部教授级高级工程师王继良同志给予了热情支持，并对全书进行了审阅，在此表示感谢。

ABF 03/06

前 言

挪威岩石爆破技术研究院 (IFF) 把岩石巷道支护作为他们的一项研究课题，而岩石锚杆支护则是课题的重要部分。这项研究工作的部分成果有的已经以技术论文的形式提交给岩石爆破年会，有的写入课题的技术说明书。但是在实际工作中，人们非常需要这样一本《锚杆支护实用手册》。

《手册》的写作和编辑主要由 Schach 和 Garshol 来完成的，其中图是由 Schach 绘制的。

《手册》内容在一定期间是新颖的，但我们仍非常希望读者能对手册内容提出意见，并欢迎把您们掌握的实践经验或新型锚杆等方面的详细情况介绍给我们。

挪威 IFF 院长 A. M. Heltzen

概 述

本书是想介绍一下在采矿和隧道作业过程中，岩石锚杆支护的原理和实际操作。重要的是读者能够意识到在采矿和隧道作业中所存在的需要考虑的差别。在采矿作业中，所感兴趣的是挖掘矿床，成形好坏是次要的，目的是获得最佳空间以求最高的回采率。在隧道作业中，主要目的是开凿成形，而挖掘矿床则是次要的，当然挖掘的岩石用作筑堤、筑路料石等少数情况例外。

在采矿时，必须沿着岩层推进，经常会开采上山，有稳定性问题。在开掘隧道时，可根据地貌和地质情况选择隧道的掘进方向和断面。而开出的隧道和岩硐的位置和方向能令人满意，可以减少由于断层带来的麻烦等等。

特别在采矿方面，岩石锚杆已经发挥了巨大作用，首先是在标准的层状地质构造的煤矿中起到了重要的作用。1872年，在N·Wales的采石场第一次应用了锚杆支护。锚杆支护大约在20世纪初才引入美国，当时这种新的岩石支护方法还没有得到人们极大的关注。这主要是对锚杆支护如何操作还难以理解，一些采矿公司又持保守态度。

过去了50年，锚杆支护才被承认是一种支护方法。挪威A/SsulitJelma煤矿是最先使用锚杆支护者之一，他们在战后几年里，把锚杆支护作为经济实惠的支护方法，称为“悬岩的缝合”。从1950年到1955年，锚杆支护在美国大部分采矿工业中普遍使用。1951年，锚杆在大约500个矿取代了支

柱，其中有450个是煤矿。

普遍采用锚杆支护后，美国西部弗吉尼亚州的煤矿事故减少，产量增加，消除了支柱，通风状况也得到了改善。

如果没有引入锚杆支护，可以断定，许多煤矿将因为安全和经济的原因被迫关闭。

锚杆支护先行者是美国和南非。在南非的煤矿，每年大约使用锚杆850万根，而美国使用锚杆总量在1.2亿根左右。

今天，锚杆支护已经被认为是非常有效、相当经济的支护方式，以前通常使用的支柱已几乎看不见了。在矿井中，特别是煤矿，很少有其他支护形式能替换锚杆。但在隧道中，喷射混凝土和现浇混凝土则被应用。在挪威通常钢和木支柱很少使用。

锚杆支护不仅在采矿中非常重要，而且可以应用在大厅、隧道、公路和铁路开凿以及大坝基础等方面。在这些支护系统中，有的可以成为永久性支护，此时锚杆常涂上防腐剂，保证能保持锚杆原有的预应力。另一方面，可考虑先使用临时支护，最后再补上锚杆。

锚杆支护作为一种支护方式，与其他常用的支护方式，如木支柱、金属支架、各种类型现浇混凝土等，有着根本区别。普通支护方法常常是被动式支护，在这种情况下，当岩石开始变形时，它们才承受载荷。然而，如果岩石很少断裂和破碎是允许的，支护系统必须承受住松动岩石的重量。

锚杆作为支护工具被安放在钻孔里，成为岩层中基点，控制着岩石，对突然压力和变形起着预应力作用。尽管锚杆支护与其它被动式支护系统有区别，但如果锚杆没有预张力，也是处于被动支护状态。

当锚杆有预张力，支护才是有效的，而且是根据锚杆安

装的时间起作用，使岩石的变形减小或避免，断裂受到限制。在断面上的正交力增加，自然摩擦力起到较大的作用。不管哪种类型锚杆，在锚杆和岩石之间都有一个相互作用力。这对煤矿来说十分有利，煤矿进行房柱式开采有许多垮落现象，悬帮必须支护，也就是需要一定的力来维持。但是，房柱变形常常会引起过负荷以致破坏支护。

目 录

前 言

概 述

第一章 锚杆部件	1
一、钢锚杆杆体	1
二、托板	2
三、岩石带、金属网和顶板锚链	6
第二章 及时支护	10
一、管缝及楔块	10
二、聚酯树脂锚杆	11
三、胀壳	14
第三章 永久支护	19
一、套管钻孔法	20
二、喷射法	21
三、注入法	22
四、聚酯灌浆	23
第四章 快速和永久联合支护	24
一、镀锌不锈钢外壳和镀锌膨胀锚杆	24
二、安装于树脂或砂浆中的不锈钢或镀锌叶片的环形锚杆	24
三、扩孔膨胀式锚杆	25
四、树脂锚固的变形钢锚杆	25
第五章 背板锚杆	27
一、胀壳式背板支护	27
二、树脂锚固式背板支护	28

第六章 塑性变形锚杆	30
一、管缝式锚杆	30
二、塑性锚固锚杆	30
第七章 锚杆预应力	33
一、用可调扳手张拉	34
二、用扭矩扳手张拉	35
三、用风动扳手张拉	35
四、用液压拉力器张拉	37
第八章 锚杆长度和布置方式的确定	39
一、限定松动岩块	39
二、无张力的系列锚杆	40
三、预应力系列锚杆	41
四、工作面和掘进巷道支护	43
五、锚杆布置方式	47
第九章 原理	50
一、叶片状和层状岩石	53
二、块状岩石	54
三、破碎岩石	56
四、粘土充填带和破碎带	57
五、岩石应力问题	59
第十章 特殊锚杆系统	66
一、桁架锚杆	66
二、玻璃纤维锚杆	66
三、超前支护锚杆	67
四、塑料胀壳锚杆	68
五、树脂灌注的玻璃纤维岩石锚杆	68

第一章 锚杆部件

在这章和以下四章中，我们将给出系统的构想，描述锚杆类型和它们的特性，还要涉及到锚杆的零部件。根据使用原理，可供选择的锚杆类型并不是很多。但是，就完整的锚杆来说，由于类型和尺寸的不同，大部分零部件却出自许多制造厂家。这些厂家联合的可能性很大，实际上由于技术和经济的原因，联合的厂家却不多。

目前就已有的可能性和技术经济可行性，锚杆支护还不能被用户全部采用。

一、钢锚杆杆体

圆钢常被用作岩石锚杆。圆钢采用标准材质，直径 $\phi 19\text{mm}$ ，一端套出螺纹，与各种类型膨胀套一起使用。目前世界上锚杆已经有新的发展，趋向材质更好，直径更小的钢锚杆。

作为更新换代的锚杆，最常见的直径是 $\phi 16\text{mm}$ 和 $\phi 18\text{mm}$ ，屈服应力在 $40\sim 50\text{kg/mm}^2$ 。具有较高的破坏负荷、较低重量和可接受的价格，螺纹是被辊压而成的，这些都得到了公认。

第二种是镀锌锚杆，这种锚杆最近几年安装了相当一部分，并有新发展，已出现在北欧市场。提供的不锈钢称为Cromoround，质量接近德国标准，含铬1.4021%，最少1.35%，并抛光。断裂强度极限 $65\sim 80\text{kg/mm}^2$ ，相应膨胀15~18%。提供的标准件直径 $\phi 16\text{mm}$ 。

第三种是电镀铝或电镀镍的钢锚杆，这种锚杆耐盐水和酸，也是很有效的，断裂极限和膨胀系数与Cromoround相同。

第四种是变形加固锚杆，主要尺寸为直径 $\phi 20\text{mm}$ ，也有 $\phi 24$ 和 $\phi 30\text{mm}$ 的，直径 $\phi 30\text{mm}$ 的在市场上也可买到。断裂负荷达50t。由于螺纹机在切削螺纹之前必需改变螺纹梳刀的方向，所以又增加了变形加固锚杆的成本。

这些锚杆在软质黑色页岩临时支护中，大多安装在灰浆（整个岩层）或聚酯（在一端锚固）中；在永久支护中，则采用镀锌或不锈钢锚杆。目前变形加固锚杆可采用称为Cromorib的不锈钢，质量与圆形不锈钢一样。

岩石锚杆产品和使用的钢材要严格质量控制。所提供的全部钢材由钢厂质量检验合格证来保证。

普通锚杆载荷量见表1。

二、托板

能有效地使用多年的托板有许多种，有四方托板（岩石上初次使用）、圆形托板、各种三角形托板、矩形托板、压制成球形和长圆孔的圆球形托板和最近发展的锥形托板（叫做Fuji）如图1所示。这里不必描述过去和现在使用所有托板的种类和适用性。

临时支护的岩石锚杆和临时与永久支护组合的岩石锚杆都要与托板配套安装。

为永久支护提供的不锈钢或镀锌钢加固锚杆，如果锚在聚酯或全部埋入灰浆中，用速凝剂催化，也要备置托板。

在现代的实践中，所有这些锚杆都要膨胀、施加预应力，不过有的范围大，有的范围小。在多数情况下，选择好托板

表 1 加固锚杆和圆钢屈服载荷和断裂载荷

圆钢直径 (mm)		加固锚杆 KS 40S (t·m)	加固锚杆 KS 50S (t·m)	Rippentor 60 (t·m)	圆 钢 ST 70M (t·m)
16	屈 服				14
	断 裂				18
18	屈 服				18
	断 裂				23
20	屈 服	12	15	19	22
	断 裂	18	22	24	28
24	屈 服			29	
	断 裂			34	
25	屈 服	18	23		
	断 裂	28	35		
32	屈 服	30			
	断 裂	45			

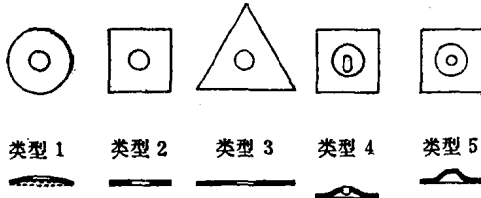


图 1 托板类型示意图

是非常重要的。

锚杆产生预膨胀或预应力是由岩石中锚固器和岩石表面的托板之间拉紧锚杆完成的。进行系统锚杆支护，防止松动岩石移动和稳定岩石松动，必须使用托板。托板的特性与锚杆

特性很接近。目前，很少估计负载能力的重要程度和托板变形程度。

弯曲角的托板已经示出破坏的警告，例如，开始剥落。平板可以与岩石产生点接触，这样导致岩石碎裂，降低载荷。太薄的托板容易被拉进锚杆一侧的岩石中，板角趋向翘起，离开岩石表面，如图3所示。

在试验和实践中，已经证实圆碟形托板是非常令人满意的一种类型。

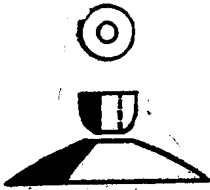


图2 球形底座I型

在安装托板时，中凹一侧朝岩石表面放置，在锚杆拉紧期间，托板对岩石以大约65kN的压力被压平，如图2、图3、图4所示。结果是接触良好，具有较低的表面压力。

图5所示为这些类型的托板，在锚杆拉力达到100kN时，给出精确的表面压力。三角形托板不能用在软岩中，以防板角在岩石压力作用下而压进岩层。然而，在较硬岩层中，它们使用效果较好。当在附近放炮时，只是稍有变形，而接触表面的压力还很大，出现一些破碎现象，使锚杆拉力有所降低，最终还是取决于岩石的硬度。

根据锚杆张拉情况，为了保证膨胀力能维持在膨胀锚杆和平面托板锚固断面上，放炮的最小距离应为20m左右。

如果使用圆形中凹托板，相应的距离可以减小到10m。如果使用聚酯锚固，对于以上两种类型托板，距离可以分别减少到8m和3m。

以上这些数值都是从挪威岩石爆破技术研究院进行的试



图 3 角被压弯的较软托板

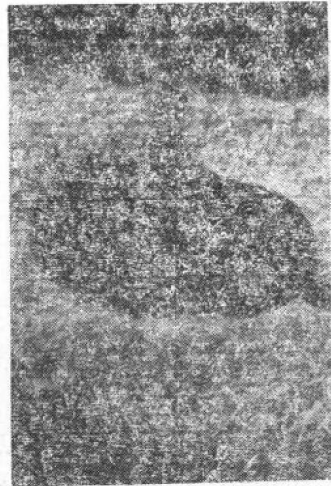


图 4 有圆蝶形托板的正常
拉伸锚杆

验中得到的。而这个距离取决于岩石硬度和圆钢尺寸。

当在巷道中发生较大剥落时,需使用大量的边长为60cm的三角形托板,如图6所示,这就保证了顶板重要部位被托板覆盖,采用标准的锚杆支护形式。这种方法十分有效,是蝶形托板不适应的少数条件之一。

图7所示是一种新型托板,澳大利亚最初用在新式澳大利亚隧道作业中(NATM)。这种托板是四方形的,中间压出一个球形凸起,再开一个槽孔,安装中拧螺帽时必须使用垫圈。

还有一种新型托板,称为富士山(Fuji)托板,如图8所示。

这种托板是方形或矩形钢板(ST.37M),中间压成圆

托板种类	1	2	3	4	5
尺寸 (mm)	$\phi 125$	125 × 125	350 × 350 × 350	125 × 150	125 × 150
板厚 (mm)	6	7	7	7	7
接触面积 (cm ²)	28.48	23.57	23.57	40.25	44.76
压力 (MPa)	35.1	42.4	42.4	24.8	22.3
建议载荷 (t)	10	8	8	14	18
备注	在内圈 周围破碎、 半圆压入 托板	四角都 离开岩石， 自由翘曲	四角都 离开岩石， 自由翘曲	四角都 离开岩石， 自由翘曲	四角都 与岩石接 触，在螺 帽或圆锥 座上没 有区别

图 5 在100kN载荷作用下各种托板性能

锥形，并开一个圆锥形孔。

对于具有倾斜角度的锚杆，为了获得螺帽和托板圆锥孔周围完全接触，螺帽的接触面应为半球形。同时，螺纹要塑压（锻造），以便锚杆不仅靠螺纹拉紧，也靠其摩擦力。

用圆锥形托板，比用同样厚度其他类型托板可获得较高的最大载荷能力。增加螺母厚度，也可以提供较高承载能力，如图 8 所示。

三、岩石带、金属网和顶板锚链

金属网和金属带或金属链有时与锚杆配合使用作为工作

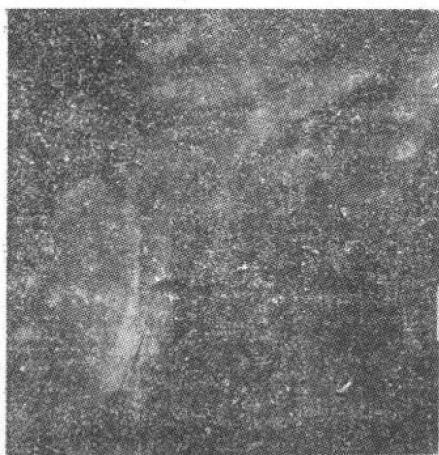


图 6 岩层剥落采用大量托板

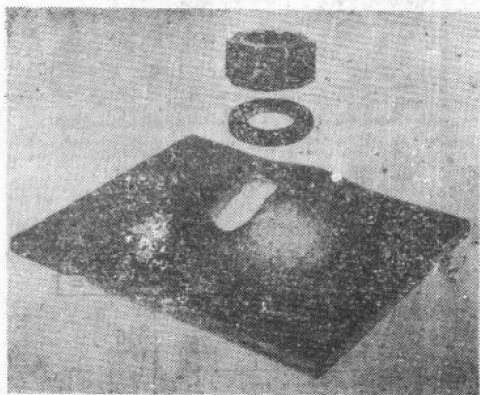


图 7 锚固托板

面支护。最常用的金属网是用 $\phi 2.7\text{mm}$ 铁线编成间隔 5cm 的网，如图 9 所示。

岩石金属带有效长度为 2m ，宽为 10cm ，厚为 5mm ，有一串槽孔，槽孔沿长度分布，中心距为 15cm ，槽孔尺寸为